



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Erik Jõe

TAASTUVENERGIA KASUTUSE ANALÜÜS EESTIS
RENEWABLE ENERGY USAGE ANALYSIS IN ESTONIA

Bakalaureusetöö
Tehnika ja Tehnoloogia õppekava

Juhendaja: professor Andres Annuk, *PhD*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Erik Jõe		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Taastuvenergia kasutuse analüüs Eestis			
Lehekülgi: 37	Jooniseid: 18	Tabeleid: 0	Lisasid: 1
Osakond/Õppetool: Energiakasutuse õppetool			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Loodusteadused ja tehnika, 4.17;			
Tehnikateadused T140 Energeetika			
Juhendaja(d): Andres Annuk, PhD			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Eesti Maaülikool, 2019			
<p>Energeetiline iseseisvus on oluline komponent riigi iseseisvuses ning julgeolekus. Siiani on selle Eestis taganud põlevkivi, kuid oma kahjuliku mõju tõttu keskkonnale tõrjub seda aina enam välja taastuvenergia. Sellest tulenevalt on käesoleva bakalaureuse töö eesmärk anda ülevaade Eesti taastuvenergia olukorrast ning tuleviku plaanidest. Töös kasutatakse erinevate andmebaaside ning aastaraamatute andmeid, et luua ülevaade, kuidas on taastuvenergia osakaal ajas muutunud. Lisaks näidatakse erinevate energiaallikate lõikes, milline on nende areng ajas olnud. 2017. aastaks oli taastuvenergia osakaal jõudnud 29,2%-ni. Suurima osakaaluga Eesti energiaportfellis on jäätmeenergia ja tuuleenergia, kuid suurimat arengut prognoositakse tuule- ning päikeseenergiale. Jõgede väikese hüdroenergilise potentsiaali tõttu on uute hüdroelektrijaamade rajamine piiratud, mistõttu jääb see energiaallikas tulevikus pigem tahaplaanile. Lisaks on näha, et jäätmete kütteväärtus sarnaneb põlevkivile, kuid samal ajal kui jäätmetest energia tootmisel vähenevad Eesti prügivead, siis põlevkivi kasutamisel kuhjuvad erinevad jäätmed. 2030. aastaks plaanib Eesti jõuda tasemele, kus 50% vajaminevast energiast toodetakse taastuvate allikate poolt ning vähemalt 14% transpordi sektoris kasutatavatest kütustest tuleb taastuvatest allikatest.</p>			
Märksõnad: tuuleenergia, päikeseenergia, biokütused, soojusenergia, energiaressurss			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Erik Jõe		Curriculum: Engineering	
Title: Renewable energy usage analysis in Estonia			
Pages: 37	Figures: 18	Tables: 0	Appendixes: 1
Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering Field of research and (CERC S) code: Natural Sciences and Engineering, 4.17; Tehnological Sciences T140 Energy research Supervisors: Andres Annuk, PhD Place and date: Estonian University of Life Sciences, 2019			
<p>Energetic independency is a important part of a country's independency and security. For some time oil shale has given Estonia that independence, but it's harmful effects on the environment has pushed the country to convert more and more into renewable energy sources. The aim of this Bachelor's thesis is to give an overview of the status of Estonian renewable energy and it's future plans. The usage of different databases and yearbooks in this thesis give an overview how the share of renewable energy sources has changed in time. It is also shown how the percentages have changed in different types of renewable energy sources and how they have developed in time. By the year 2017 the useage of renewable energy sources reached 29,2%. The biggest producers of renewable energy are energy from waste and wind power, but solar power and wind power carry the potential of becoming the biggest source of energy. The small hydro power potential in Estonian rivers has caused a stop in the developement of new hydro power stations and all of this has put the future of hydro power in to the background of renewable energy sources. The data also shows that the calorific value of oil shale and municipal waste are at the same value, unlike oil shale, the usage of municipal waste as a source of energy reduces the amounts of waste at waste grounds. Estonia has a plan to reach a point where the usage of renewable energy reaches 50% of all power created, also 14% of the fuels in transport section must come from renewable sources by the year 2030.</p>			
Keywords: wind power, solar power, biofuels, heat energy, energy resource			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. TAASTUVENERGIA OSAKAAL EESTIS	6
2 TUULEENERGIA	8
2.1 Tuulepargid Eestis	8
2.2 Kavandatavad tuulepargid	9
2.3 Tuuleenergia kasutamine	10
2.4 Väiketuulikud.....	12
2.5 Takistused tuuleenergia kasutamisel	13
3 Päikeseenergeetika.....	15
3.1 Päikese soojusenergeetika.....	15
3.2 Päikese elektrienergeetika.....	16
3.3 Kavandatavad päikesejaamad	18
3.4 Takistused päikesejaamadega	19
4 Biokütused.....	20
4.1 Iru elektrijaama jäätmepõletusjaam	20
4.2 Biomass.....	21
4.3 Biogaas.....	22
4.4 Transport	23
5 Hüdroenergia	24
5.1 Hüdroenergia tulevik	26
6 Taastuvenergia tulevik.....	27
KOKKUVÕTE	30
KASUTATUD KIRJANDUS	32
LISAD	36
Lihtlitsents	37

SISSEJUHATUS

Tänu põlevkivielektrile on Eesti energeetiliselt iseseisev ning sõltub vähe energia impordist. 2018. aastal toodetud 12,3 TWh elektrist moodustas pea 75% põlevkivielekter [1].

Põlevkivi võimaldab energeetilist iseseisvust, kuid selle kasutamisega kaasneb kahjulik mõju keskkonnale, tervisele ning elukeskkonnale. Kaevandused rikuvad nii maastikku kui ka ökosüsteeme. Hävitatakse olemasolevad ökosüsteemid, mistõttu tekivad kaevanduspiirkondadesse uued ökosüsteemid. Lisaks ökosüsteemidele hävitavad kaevandused ka elukeskkonda: väheneb elamiseks ning maa harimiseks kõlbulik pind. Tehased paiskavad õhku peentolmu, mis kahjustab tervist [2].

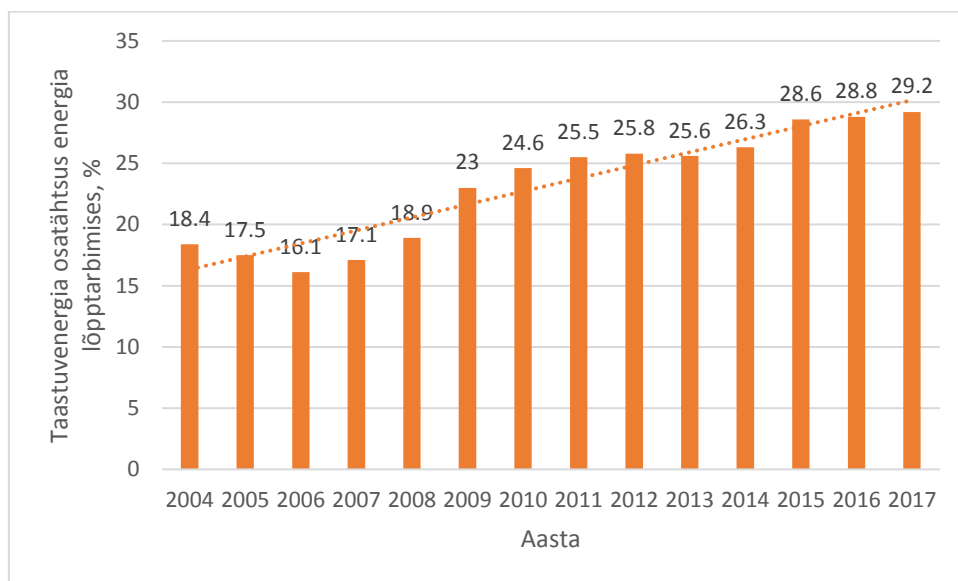
Süsinikdioksiid on oluline kasvuhoonegaas ning Eestis emiteeritavast CO₂-st 90% pärineb põlevkivitööstusest. Rahuvsvaheliselt on sätestatud, et Eesti peab vähendama CO₂ emissiooni 32% 2020. aastaks [2]. 2018. aasta seisuga vähenes põlevkivitööstuse CO₂ emissioon 5 aasta jooksul 9%, kuid see pole piisavalt suur muutus [1]. See tähendab, et Eesti peab leidma lahenduse kuidas vähendada heitkogused nõutaval hulgal. Üheks lahenduseks oleks taastuvenergia.

Käesoleva töö eesmärk on anda ülevaade taastuvenergia olukorrast Eestis. Töös vaadeldakse, kuidas on aja jooksul muutunud taastuvenergia osakaal ning tähtsus, millised erinevad taastuvenergiaallikad on Eestis kasutusel. Lisaks antakse ülevaade Eesti tuleviku plaanidest ning arengukavadest.

1. TAASTUVENERGIA OSAKAAL EESTIS

Elektrituruseaduses käsitletakse taastuvate energiaallikadena vett, tuult, päikest, lainet, tõusu-mõõna, maasoojust, prügilagaasi, heitvee puhastamisel eralduvat gaasi, biogaasi ning biomassi [3]. Käesoleva töö kontekstis loetakse taastuvateks energiaallikateks elektrituruseaduses välja toodud allikaid. Nimetatud allikatest kasutatakse Eestis taastuvenergia tootmiseks tuult, biomassi, päikest, jäätmeid, biogaasi ning vett [4].

Taastuvenergia osakaal on aasta-aastalt pidevalt suurenenud (Joonis 1.1). Võrreldes 2006. aastaga on 2017. aastaks taastuvenergia osatähtsus lõpptarbimisest suurenenud 13,1%. Areng on olnud pidev, kuid alates 2015. aastast on see aeglustunud [5].

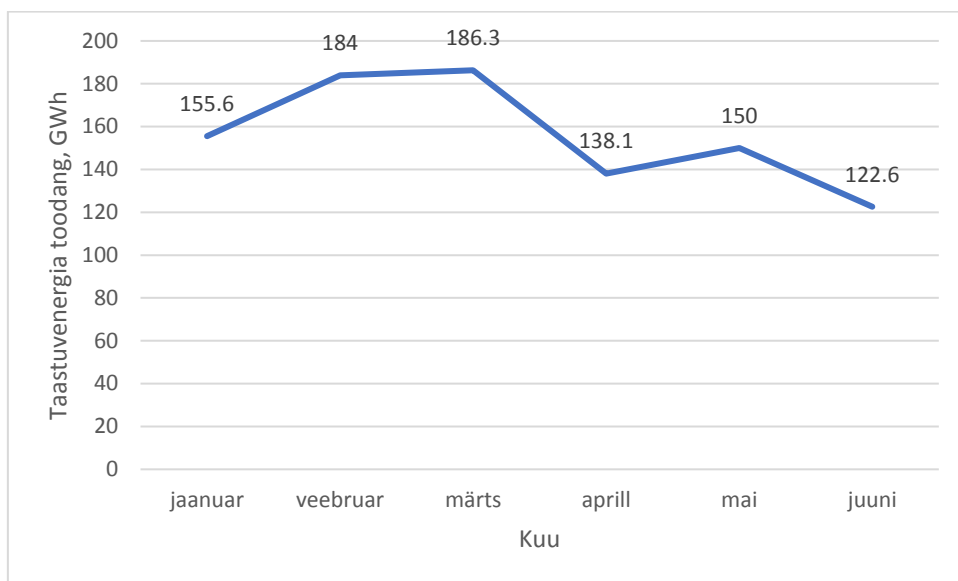


Joonis 1.1 Taastuvenergia osakaal energia lõpptarbimisest Eestis [5].

2019. aasta jaanuaris toodeti elektrienergiat 1218 GWh ning Eleringi andmetel sellest 155,6 GWh toodeti taastuvatest allikatest (Joonis 1.2) [6,7].

Samal ajal kui elektrienergia tootmine on 2019 aasta juuniks langenud 341 GWh-ni on sellest 122,6 GWh toodetud taastuvatest allikatest. See tähendab, et 36% elektrienergiast toodeti taastuvatest allikatest. Elektrienergia toodang taastuvatest allikatest alates aprillist on küll madalam võrreldes sama aasta varasemate kuudega, kuid alates aprillist on langenud ka

kogu elektrienergia toodang. See tähendab, et alates aprillist moodustab taastuvenergiast toodetud elektrienergia suurema osa kogu toodetud elektrist [6].



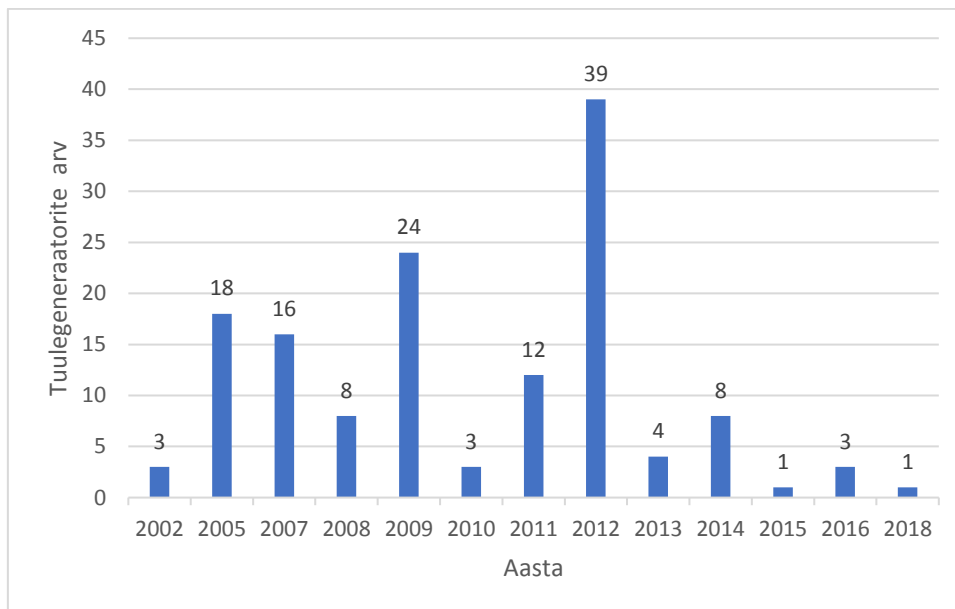
Joonis 1.2 Taastuvenergiast toodetud elektrienergia 2019. aastal kuude lõikes [7].

2 TUULEENERGIA

2.1 Tuulepargid Eestis

Tuulegeneraatorite tööst saadavat energiat kasutatakse elektrienergia tootmiseks [8]. Tuuleenergia kasutamine Eestis sai alguse 1997. aastal, kui Hiiumaale Tahkunale rajati Eesti esimene tuulegeneraator, mille võimsuseks oli 0,15 MW [9]. Hiiumaale rajatud tuulegeneraator näitas, milline potentsiaal on Eestis energia tootmiseks tuulest ning peale seda on pidevalt täienenud tuulegeneraatorite park [10]. Praeguste standarditele vastav esimene tuulepark rajati Virtsu sadama lähedusse 2002. aastal. Selle pargi koguvõimsus on 1.4 MW ning tuuleelektrijaam koosneb 2 tuulegeneraatorist [11]. Pidev areng on viinud selleni, et 2018. aasta lõpuks oli võrku ühendatud 140 elektrituulikut [4].

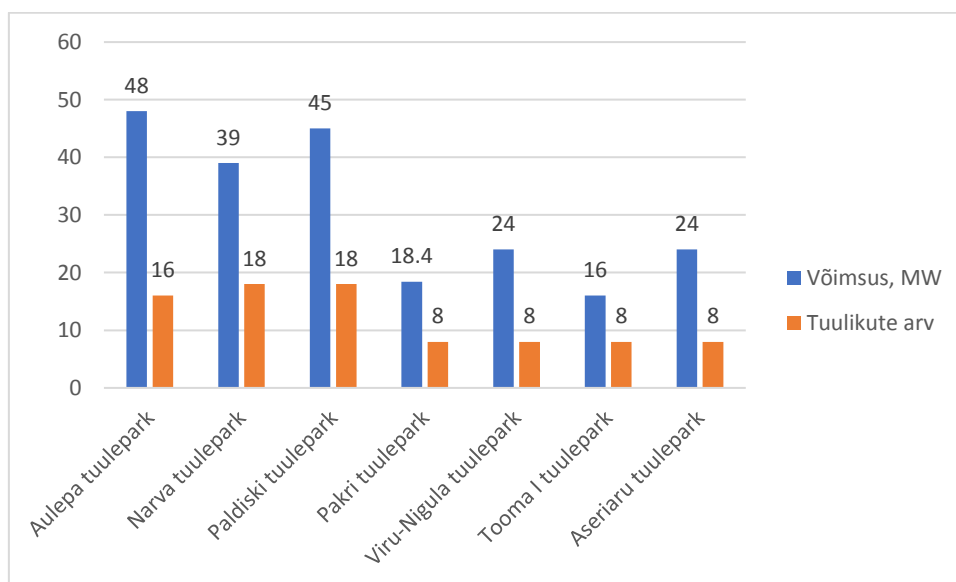
Alates 2002. aastast on Eestis pidevalt juurde ehitatud tuulegeneraatoreid (Joonis 2.1). Suurima tuulikute arvu kasvuga oli 2012. aastal, kui valmisid Eesti suurimad tuulepargid Narvas ning Paldiskis [12]. Peale seda on elektrituulikute juurdeehitus aeglustunud.



Joonis 2.1 Uute tuulegeneraatorite juurdeehitus aastate lõikes [12].

2018 aasta seisuga oli Eestis 30 toimivat tuuleparki ning elektrituulikute koguvõimsus on 314 MW [4, 12]. Suurima võimsusega on Läänemaal asuv Aulepa tuulepark, mis ehitati kahes etapis. Kokku on selles tuulepargis 16 tuulikut ning pargi koguvõimsus on 48 MW [12]. Tegemist on Baltimaade ühe võimsaima tuulepargiga ning selle 80 gigavatt-tunnine elektritoodang vastab ca 32000 kodumajapidamise aastasele elektrivajadusele. Juhul kui toota sama kogus elektrit põlevkivist Narva elektrijaamades, siis paisataks õhku 75000 t CO₂ [11].

Eestis on seitse suuremat tuuleparki (joonis 2.2), mille võimsus kokku moodustab 68,3% kõigi tuuleparkide võimsusest. Suurimate elektrituulikute arvuga on Narva ja Paldiski tuulepark, kus mõlemas on 18 tuulikut. Samal ajal on võimsuse osas esirinnas Aulepa ning Paldiski tuulepark [12].



Joonis 2.2 Suurima tuulegeneraatorite arvuga tuulepargid Eestis 2018 aasta seisuga [12].

2.2 Kavandatavad tuulepargid

Eestisse pole lisandunud 2017. ning 2018. aasta jooksul ühtegi uut tuuleparki, kuid 2018.aastal lisandus üks uus tuulegeneraator (Joonis 2.1) Ida-Virumaale kavandatavasse Purtse tuuleparki [4].

Tuuleenergia assotsiatsiooni andmetel on arendamisel olevaid maismaa tuuleparke 12, kuid Eisvere II etapi detailplaneeringu tühistas Riigikohus ning viiel tuulepargil puudub Kaitseministeeriumi kooskõlastus [13]. Ida-Virumaale Aidu karjääri on kavandatud Baltikumi suurim tuulepark, mille koguvõimsuseks on planeeritud 100 MW [14]. 2019 juuni

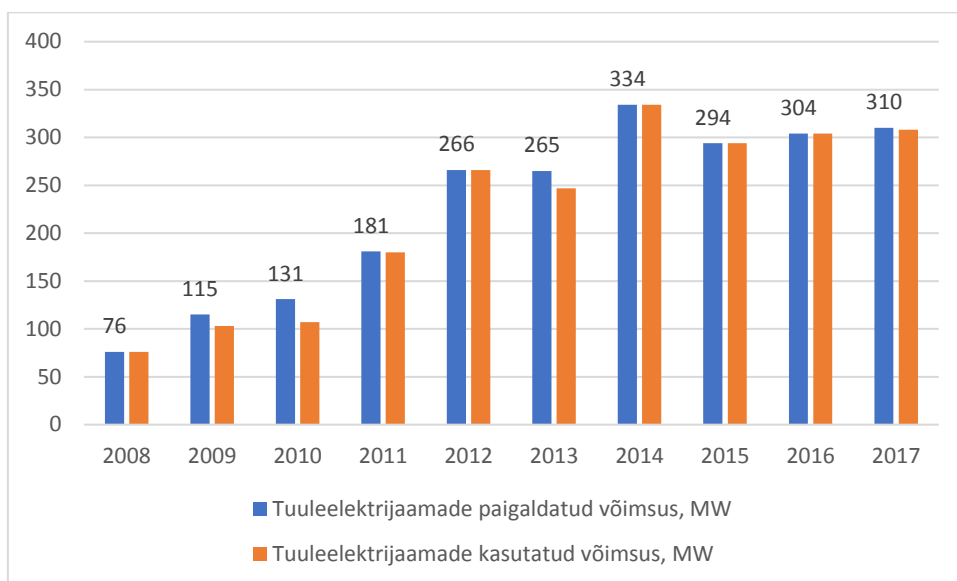
seisuga on Aidu tuulepargi ehitus seisatud, kuna Kaitseministeeriumi sõnul ei vasta see teemaplaneeringule ning on ohuks riiklikule julgeolekule [15].

Kavandamisel on ka kaks meretuuleparki - Loode-Eesti ning Liivi lahe meretuulepark [13]. Meretuuleparkide eelis maismaa tuuleparkide ees on generaatorite võime saavutada suuremad ning püsivamad kiirused, kuna merel puuduvad tuult häirivad takistused [16]. Meretuuleparkide rajamisel on ka rohkem takistusi, kuna lisaks õhuliikluse häirimisele, mis on probleemiks maismaa tuuleparkide puhul, häirivad nad ka laevaliiklust [17].

Kavandamisel olevate meretuuleparkide võimsus kokku on 1300 MW, millest Loode-Eesti tuulepark moodustab 700 MW [13]. Loode-Eestisse Hiiu merealale planeeritava meretuulepargi näol on tegemist kõige arenenuma projektiga Eesti rannikumeres. Tuuleparki on planeeritud vastavalt tuulikute võimsusele 100-160 tuulikut [18]. Paraku 2018 augusti Riigikohtu otsusega lükati nimetatud meretuulepargi valmimist aastate võrra veel edasi [4].

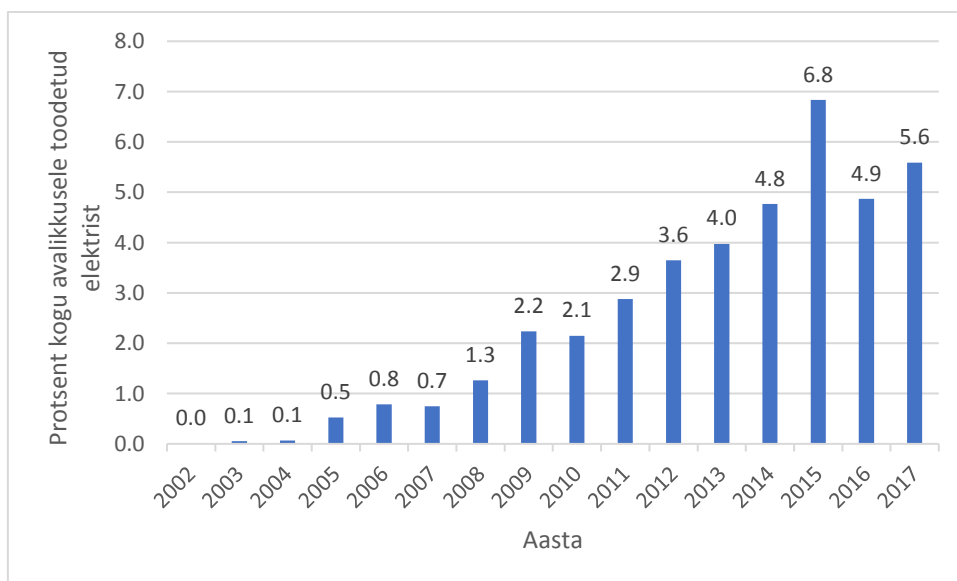
2.3 Tuuleenergia kasutamine

Statistikaameti andmetel oli 2014. aastal kõikide tuuleelektrijaamade paigaldatud võimsus 334 MW, kuid Tuuleenergia Assotsiatsiooni kohaselt oli samal aastal paigaldatud võimsus 280 MW [19, 4]. Ülejäänud võimsuste suurusjärgud ühtivad nii Statistikaametil kui ka Tuuleenergia Assotsiatsioonil. Üheks võimalikuks seletuseks tuuleelektrijaamade paigaldatud võimsuse langusele 2015. aastal võib olla Virumaal toimunud põleng, mille käigus hävis Viru-Nigula vallas Tüükri külas tuulegeneraator [20]. Kui välja jätta andmete suur erinevus 2014. aastal, siis on näha, et tuuleenergia tootmine on alates aastast 2008 pidevalt suurenenud (Joonis 2.3), kuid viimastel aastatel on tõus märkimisväärselt aeglustunud [19]. Lisaks on näha, et viiel aastal kümnest ühtib tuuleelektrijaamade paigaldatud võimsus kasutatud võimsusega. Suurim erinevus paigaldatud võimsuse ning kasutatud võimsuse vahel oli 2010. aastal, kui nimetatud võimsused olid vastavalt 131 MW ja 107 MW [19].



Joonis 2.3 Üldelektrivõrku tootvate tuuleelektrijaamade paigaldatud võimsus võrrelduna kasutatud võimsusega [19].

Alates 2003. aastast toodetakse tuuleenergiast elektrit elektrivõrku (Joonis 2.4). Algusaastatel (2003 ja 2004) moodustas tuuleenergia vaid 0,1% kogu avalikkusele toodetavast elektrist. Järk-järgult on see protsent pidevalt suurenenud ning saavutas aastaks 2015 oma maksimumi 6,8%. Kui jätta välja 2015. aasta tipp, siis on tuuleelektri osakaal aasta-aastalt suurenenud lineaarselt [21].

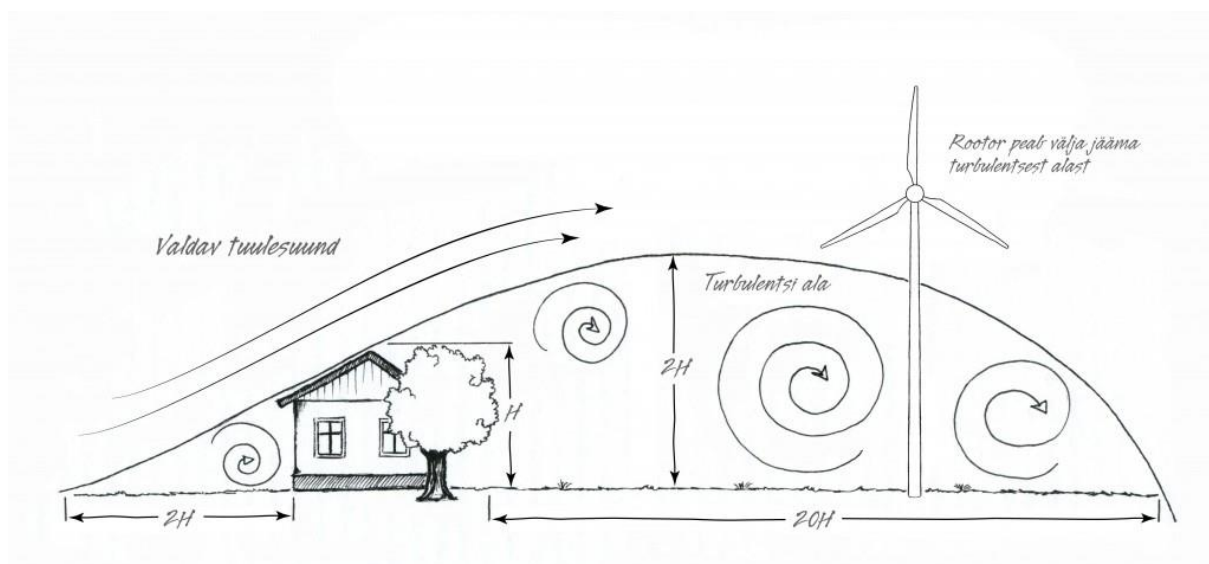


Joonis 2.4 Tuuleenergia osakaal kogu elektrivõrku toodetud elektrist [21].

2.4 Väiketuulikud

Väiketuulik on vahend, mille abil saab toota elektrienergiat kodus, suvilas või tööstuses [22, 23]. Erinevus tavalistest maismaa tuulegeneraatoritest seisneb selles, et tuule elektri muundavad seadmed asuvad tarbija vahetus läheduses ning elektrituuliku kogukõrgus on maksimaalselt 30 meetrit [23, 24]. Kui suurte tuulikute puhul kardavad inimesed peamiselt tuulegeneraatorite tööga kaasnevat müra, siis väiketuulikute müra tase sarnaneb külmpkapile [23].

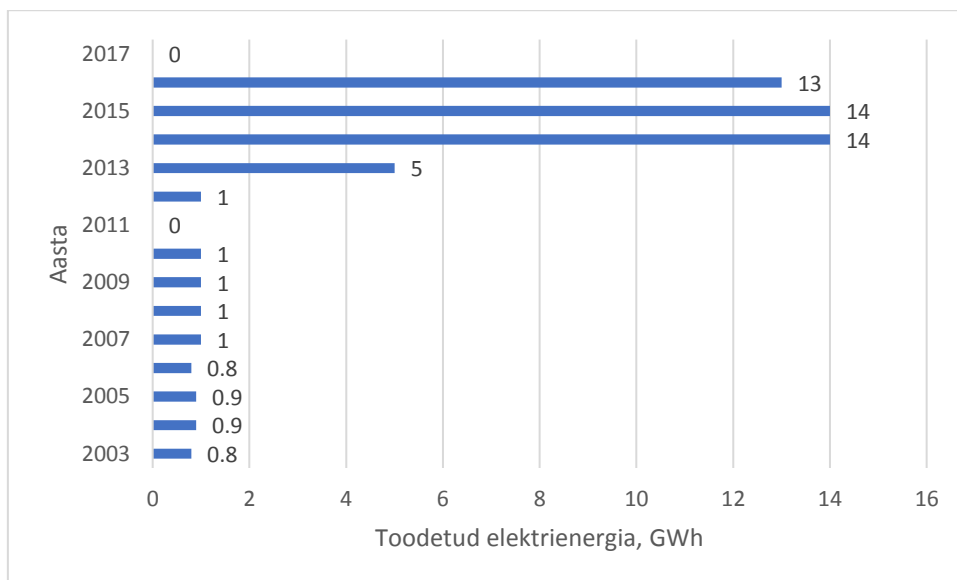
Nagu ka maismaatuulikute puhul, siis ka väiketuulikute korral on eelisseisus kasutajad, kes elavad tuulistes piirkondades [24]. Lisaks tuleb silmas pidada, et tuulik ei oleks mõjutatud lähedalasuvatest objektidest (Joonis 2.5). Nimelt takistavad erinevad objektid tuule sujuvat jõudmist tuulegeneraatorini ning tekitavad ka turbulentsi. Väiketuuliku vale paigutus võib seega vähendada tuuliku poolt toodetava energia hulka ning mõjuda ka kahjustavalt tuuliku elueale [25].



Joonis 2.5 Väiketuulikute paigaldamise põhimõtted, mille kohaselt paigaldatav tuulik peab jääma lähedalasuvate objektide poolt tekitavast turbulentsist eemale [25].

Väiketuulikute puhul on kaks variant, kas lülitada see võrku või kasutada autonoomse elektritootjana [22, 26]. Tuuleenergia on hea valik, kuna võimaldab elektrit toota ööpäevaringselt

nii kaua kuni tuult on. See tähendab et tegemist on hea meetodiga energia tootmiseks ööpäevaringselt. Enda tarbeks toodeti tuulegeneraatoritega elektrienergiat juba 2003. aastal, kui aastae toodang oli 0,8 GWh (Joonis 2.6) . Toodangu maksimum oli aastatel 2014 ning 2015 kui aasta jooksul toodeti enda tarbeks elektrit 14 GWh. Statistikaameti andmetel 2017. aastal autonoomselt elektrituulikute abil elektrit ei toodetud [21].



Joonis 2.6 Autonoomselt tootvate tuuleelektrijaamade toodang aastate lõikes [21].

Nagu ka suurte maismaatuulikute rajamisel, siis ka väiketuulikute püstitamisel on erinevad takistused. Vaatamata tõsisasjale, et tegemist on väiksema tuulikuga, vajab selle püstitamine siiski erinevate ametkondade lubasid [27, 22]. Kuna ühesgi riiklikus seaduses või määruses pole välja toodud, millised piirangud kehtivad väiketuulikute püstitamisele, siis tegeleb püstitamise lubamisega kohalik omavalitsus. See tõsiasi muudab, aga elektrituulikute püstitamise keeruliseks, kuna ametnike jaoks pole kehtestatud kindlaid juhendeid ning nad pole ka kursis paigaldatava tehnoloogiaga. Selline olukord aga muudab väiketuulikute püstitamise keeruliseks protsessiks [27].

2.5 Takistused tuuleenergia kasutamisel

Vaatamata asjaolule, et tuul kui energiaallikas on olemas ööpäeva ringselt, pole seda energiat siiski igapäev stabiilselt. See tähendab aga, et puudub pidev energiaga varustatus ning vajalik on ka energiaallikas, mis on suuteline tootma elektrit päevast-päeva stabiilselt. Lisaks on piiratud ka tuulikute hulk, mida saab elektrivõrku lisada, mis tähendab, et ka juhul kui uute tuulikute ehitamisele poleks piiranguid, siis neid kõiki võrku liita ei saaks [11].

Tuuleparkide arendajatele on mitmeid piiranguid ning takistusi. Elektriturseaduse kohaselt makstakse tuult energiaallikana kasutavatele tootjatele taastuvenienergia toetust, kui seda vaid kuni 600 GWh elektritoodangu eest kalendriaasta jooksul. Selline piirang aga tähendab, et tootjatel pole kasulik toota suuremat kogust elektrienergiat kasutades tuult, kui suurema toodangu eest toetust ei maksta[3, 11]. Arendajatele on ka loodus- ning riigikaitseelased piirangud. Tuulegeneraatorite paigaldamine peab olema kooskõlastatud Lennuameti, Kaitseministeeriumi ning ka Politsei- ja Piirivalveametiga, kuna paigaldatud elektrituulikud võivad segada lennuliiklust ning radarite tööd [28].

Maismaa tuuleparkide rajamiseks on vaja ehitusluba ning tuulepargi käivitamiseks ka kasutusluba. Meretuuleparkide puhul aga on vajalik enne ehitusluba saada ka hoonestusluba. Tuuleparkide rajamise reguleerimine toimub valdavalt kohalikul tasandil välja arvatud meretuulepargid, millede rajamine on reguleeritud riiklikul tasandil [29].

3 Päikeseenergeetika

Päikeseenergiat on võimalik kahte viisi rakendada, kas päikesekollektori või päikesepaneelide abil. Päikesekollektori töö põhimõte on lihtsam kui paneelide töö. Võrreldes tuuleenergiaga on päikeseenergia kasutamine Eestis alles hiljuti hakanud tõusma, põhjuseks tehnoloogia odavnemine [4].

3.1 Päikese soojusenergeetika

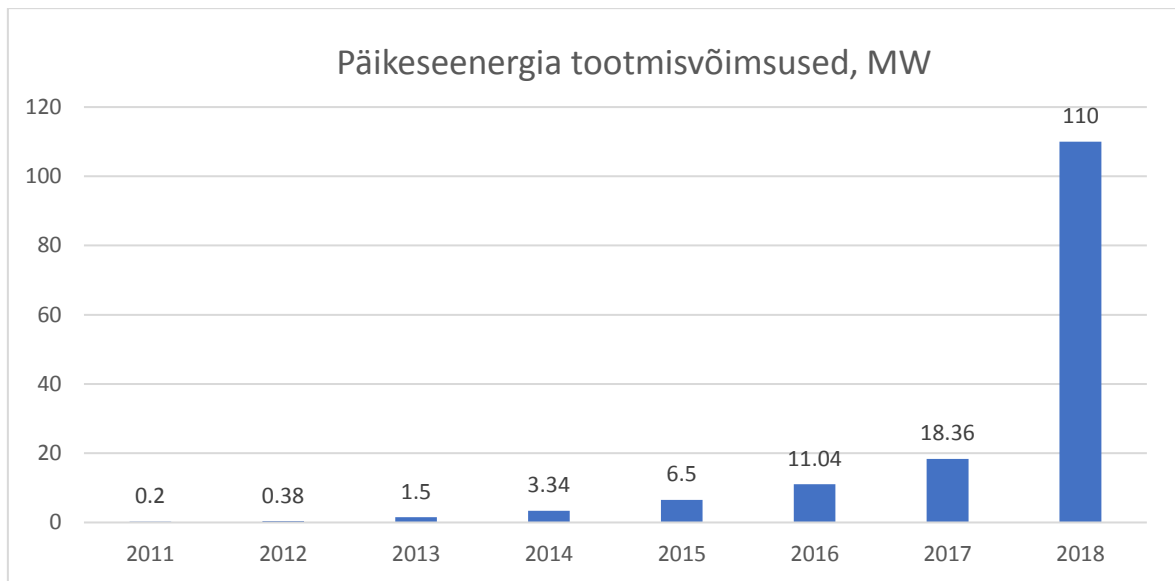
Päikesekollektorid on põhimõttelt soojusvahetid, mis kasutavad ära päikesest tulenevat kiirgust. Päikesekiirgus soojendab süsteemi ja nii on võimalik majapidamistes tarbevett soojendada. Päikesekollektorid jagunevad kaheks, madalatemperatuurilised ning keskmise- ja kõrgtemperatuurilised. Madalatemperatuurilisi päikesekollektoreid kasutatakse küttesüsteemi toetamiseks ning tarbevee soojendamiseks. Kõige paremini tasub selline süsteem ära suvisel ajal kui on Eestis rohkem päikesepaistelisi päevi ja sellisel juhul on kollektorid võimelised katma majapidamise tarbimise. Päikesekollektori tüübid mida kõige rohkem kasutatakse on tasapinnalised/lamekollektor, mis meenutavad veidi päikesepaneele ning teine tüüp mida kasutatakse on vaakumtorud(joonis 3.1). Vaakumtorud on klaasist silindrid, millel puudub sees olev õhk ja see aitab vähendada konvektiivseid soojuskadusid pinnalt ja seega suureneb tõhusus energia muundamisel [30].



Joonis 3.1 Päikesekollektor vaakumtorude süsteemiga [30].

3.2 Päikese elektrienergeetika

Päikesepaneelide abil elektrienergia tootmine on viimasel ajal suure hüppe teinud, 2017 aastal oli võrguga ühendatud päikeseelektri tootmisvõimsusi 18,36 MW ja 2018 aastalõpu seisuga on tootmisvõimsused on suurenenud 110 MW peale (joonis 3.2), see tähendab et ühe aastaga on tootmisvõimsus tõusnud peaaegu 6 korda. 2018 aasta andmete järgi toodeti võrku 13 GWh, tegelikkuses on number veelgi suurem, kuid see ei jõua elektrivõrku kuna kasutatakse kohapeal ära [4, 31].



Joonis 3.2 Päikeseenergia tootmisvõimsused(MW) aastate lõikes [4].

2019 aasta andmed peaksid näitama veelgi suuremaid numbreid elektritootmises, kuna viimasel ajal on valmis saanud mitmed uued päikesejaamad. Näiteks on Lääne-Virumaal-Tapa, Tamsalu ja Rakvere(Joonis 3.3) valminud 5 päikesejaama ja kõik 1 MW võimsusega[32].



Joonis 3.3 Päikesejaam Rakvere läheduses [33].

Lisaks lõpetati juuli kuus Eesti suurim päikesejaam, mis asub Pärnus, endise Rääma prügila aladel. Päikesejaam koosneb 13000 paneelist ja on võimeline tootma 4 MW elektrienergiat [34].

3.3 Kavandatavad päikesejaamad

Kui praeguse seisuga on Eesti suurim päikesejaam Pärnus siis on firma Estiko Energial plaan ehitada sellest suurem päikesejaam Tartu ja Luunja vallas asuvatele aladele mille planeeritud võimsus on 50-60 MW. Paneelid katavad 140 hektarilise ala ja plaanide kohaselt peaks projekt valmis saama järgmine aasta [35].

3.4 Takistused päikesejaamadega

Sarnaselt tuuleenergiale on päikeseenergia ebastabiilne allikas, kuna päikesekiirgus pole kogu aeg sama ja seega muutub tootlikkus pidevalt, samuti on asukoha valik väga suure tähtsusega- jaamad tuleks rajada saartele või rannikuäärsetele aladele. Lisaks tuleb paneele pidevalt kontrollida, et need oleksid puhtad ja paneeli pinda ei kataks miski. Mustusest võib paneeli tootlikkus väheneda kuni 5%, aga kui miski peaks umbes 2% paneeli pinda kinni katma võib paneeli tootmisvõimsus langeda 30% peale. Viimaste aastatega on toimunud suur päikeseenergia kasutamise tõus ja jaamade rajamine, siis järgnevatel aastatel võib see tegevus vaibuda. Probleem seisneb selles, et kui varasemalt toetati suurtootjaid jaamade rajamises siis nüüd toetatakse ainult väiketootjaid [36].

4 Biokütused

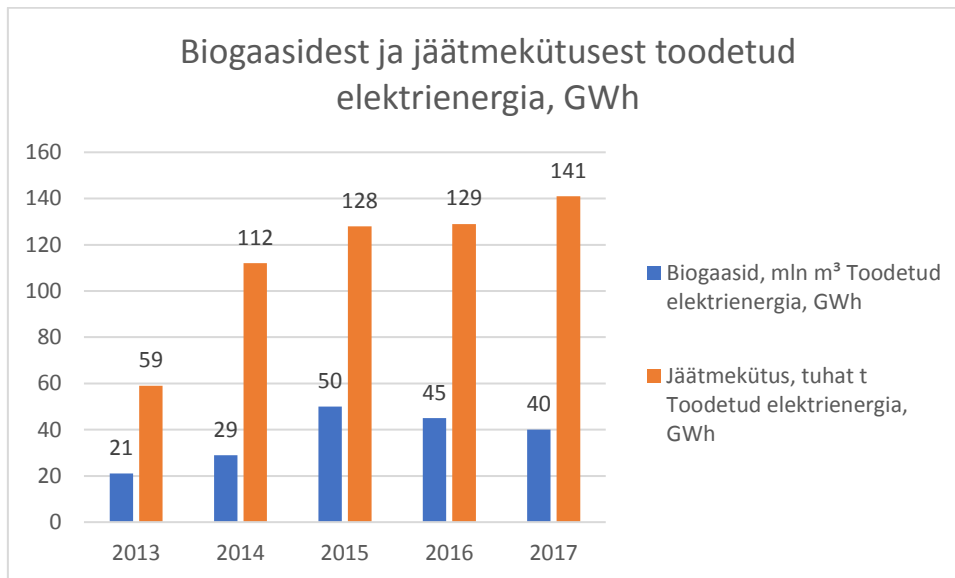
4.1 Iru elektrijaama jäätmepõletusjaam

Eesti Energia tütarettevõtte Enefit Green abil valmis 2013. aastal Iru elektrijaamas jäätmepõletusjaam, mis põletab olmejäätmeid, et toota soojust ning elektrit. Eesti kodudest tekib aastas umbes 300000 tonni segaolmejäätmeid ning Iru jäätmepõletusjaam on võimeline 83% sellest ära kasutama. Jaam suudab aastaga 250000 tonni segaolmejäätmeid muundada 134 GWh elektrienergiaks ning 310 GWh soojusenergiaks. Olmejäätmete kütteväärtus (8-14 MJ/kg) on sarnane põlevkivi kütteväärtusega (8-10 MJ/kg). Lisaks on jaama heitegaaside süsteem keskkonnasõbralik, jaam toodab sama palju õhuheitmeid kui 20 puuküttega eramut, seega on olmejäätmetest energia tootmine palju kasulikum kui seda toota põlevkivist. Tänu jaamale on lisaks energiatootmisele ja soojatootmisele ka langenud olmejäätmete ladustamine prügilatesse, viimaste andmete järgi on see alla 10% jäätmete kogusest [37, 38].



Joonis 4.1 Iru elektrijaam [39].

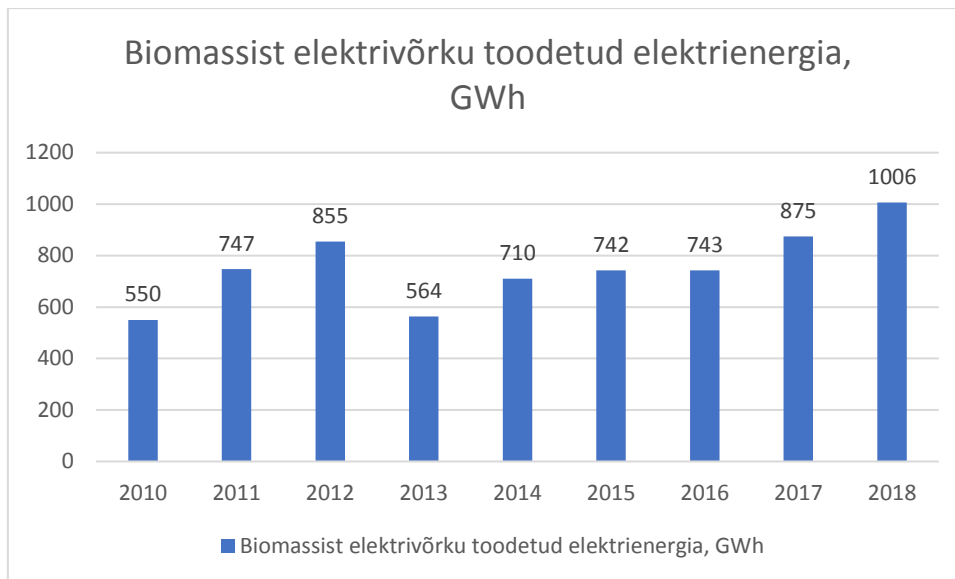
Võrreldes biogaasi ja jäätmekütust (Joonis 4.2) siis on näha, et mõlemate tootmiskogused on tõusnud aastatega. Jäätmekütuse tootmismahu suur kasv 2014 aastal selgitab Iru jäätmepõletusjaama valmimine



Joonis 4.2 Biogaaside ja jäätmekütuse võrdlus. [21]

4.2 Biomass

Biomassist elektri tootmise tase on olnud aastate jooksul kõrge, ka eelmise aasta statistika andmed näitavad veel paremaid tulemusi kui varem (Joonis 4.3). Vaadates statistikat on näha, et tootmises on olnud omad tõusud ja mõõnad, aga hetkeseisuga on tootmismahud tõusmas. 2012 aastal oli biomassist elektrivõrku toodetud elektrienergia kogus 855 GWh, mis oli sel hetkel kõrgeim tulemus, kuid aasta hiljem langes toodangu maht umbes 35%. Sellest hetkest, aga hakkas jällegi biomassist energia toodang aastatega tõusma, 2013-2018 jooksul tõusis võrku toodetava elektrienergia kogu peaaegu kaks korda, 2013 aastal oli see arv 564 GWh, aga eelmise aasta seisuga 1006 GWh [4].



Joonis 4.3 Biomassist elektrivõrku toodetud elektrienergia, GWh [4].

4.3 Biogaas

Eestis biogaasijaamad langevad kolme erinevasse kategooriasse. Esimene neist on põllumajanduslikel sisenditel töötavad biogaasijaamad, teine reoveepuhastus ning tööstusreovee käitlusjaamad ja viimaseks prügilagaasi tootvad jaamad. Suurimad põllumajanduslikud jaamad on Aravete Biogaas OÜ, Tartu Biogaas OÜ ning Vinni Biogaas OÜ. Võimsam neist Aravete jaam, mis suudab toota 2 MW nii soojust kui ka elektrit, Tartu ja Vinni jaamad aga toodavad veidi vähem energiat, vastavalt 1,5 MW ja 1,3 MW elektrienergiat.

Reoveepuhastusjaamadest ja tööstusreovee käitlusjaamadest suurimad Tallinna Vesi AS ning Estonian Cell AS. Estonian Cell, mis asub Kundas, on Eesti suurim biogaasi tootja ning on aastas võimeline tootma 50 GWh väärtuses biogaasi.

Suurim prügilagaasi tootev jaam on Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus, kus suudetakse jäätmetest tuleneva gaasiga toota 1,9 MW elektrienergiat [40, 41].

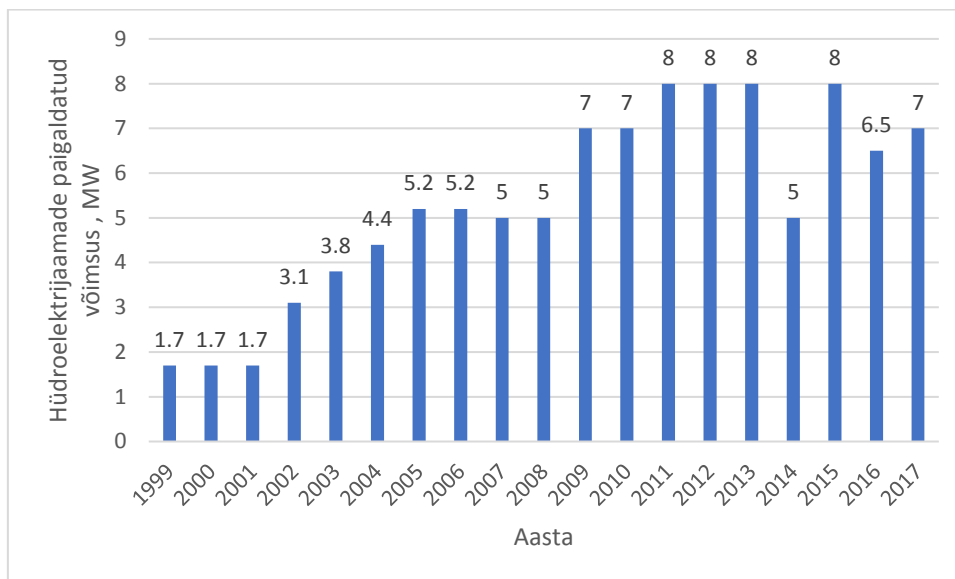
4.4 Transport

Biokütuste kasutus transpordi sektoris on hakanud viimasel ajal tõusma, kuna on vajalik vähendada oma ökoloogilist jalajälge ning kulusid vähendada ja selle tõttu on kasutusele võetud biogaasid. Tallinna linnal on plaan enda linnaliini busse asendada, 2019 aasta plaan on soetada kokku 100 bussi, mis liiguvad biogaasiga. Lisaks on plaan veel järgneva 5 aasta jooksul veel 200 bussi ja see tõstab gaasibusside osakaalu Tallinna linnas 60%-ni. Kui kõik plaanipäraselt läheb, suudab bussipargi roheliseks muutmine säästa 1,4 miljonit eurot kütuse pealt, samuti on gaasiseadmetega busside remontimine tunduvalt odavam [42].

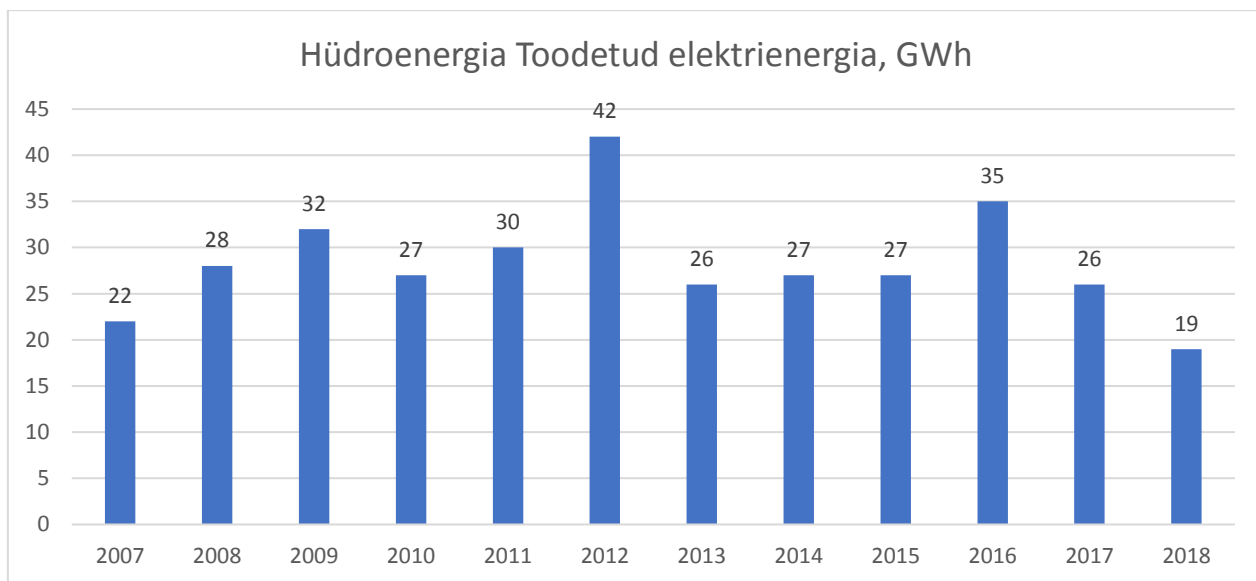
5 Hüdروenergia

Hüdروenergia kui taastuva allika kasutamine elektri tootmiseks on tõenäoliselt Eestis üks vanimaid taastuva energia tootmise viis [43]. Eestis on see aga keeruline, kuna suurem osa jõgesid pole piisavalt pikad või on vee hulk liiga väike [9].

Hüdروenergeetika olukord on sarnane viimaste aastate seisuga, see tähendab, et paigaldatud võimsused on püsinud praktiliselt paigal (Joonis 5.1) ning tootmine on viimastel aastatel pigem langenud. (joonis 5.2). Probleem pole jaamade tootmisvõimsustes vaid kliimas ja veerohkuses, kui vaadata eelmist aastat siis oli Eestis väga kuiv suvi ja see jättis omakorda jälje hüdروenergeetikale [4].

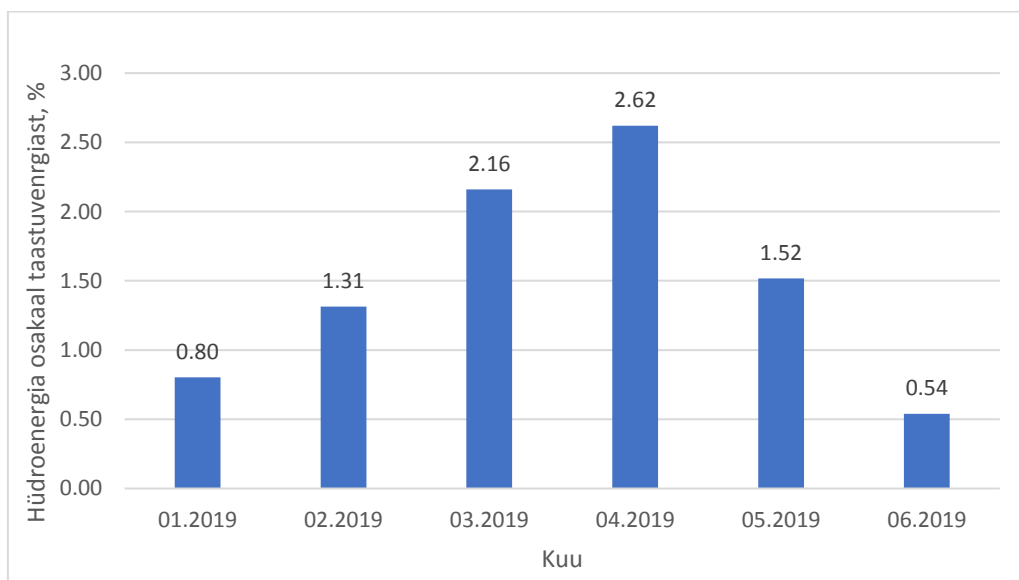


Joonis 5.1. Hüdروelektrijaamade paigaldatud võimsus aastate lõikes [19].



Joonis 5.2 Hüdroenergia tootlikkus(GWh) aastatel 2007-2018 [44].

2019. aastal toodeti hüdroenergiast elektrit kõige rohkem aprillis, kui hüdroenergia moodustas 2,62% kogu taastuvatest allikatest toodetud elektrist (Joonis 5.3). Madalaim hüdroelektri osakaal oli jaanuaris ning juunis, kus nimetatud suhed olid vastavalt 0,80% ja 0,54% [7]. Selline kõikumine tuleneb hüdroenergia hooajalisusest, mis tähendab, et vee hulk sõltub suuresti aastaajast [44].



Joonis 5.3. Hüdroenergia osakaal taastuvenergiast toodetud elektrist 2019. aastal kuude lõikes [7].

5.1 Hüdroenergia tulevik

Enefit Green andmetel on Eestis ligikaudu 50 hüdroelektrijaama [11]. Kuna Eesti hüdroenergeetiline potentsiaal on väike, siis on võimalik rajada vaid mini (0,5-5 MW)- ja mikrojaamasid (alla 0,5 MW) [45].

Üldiselt loetakse hüdroenergiat roheliseks energiaallikaks, kuna jõe vooluhulk ei vähene peale hüdroelektrijaama (HEJ) rajamist. Paraku see nii lihtne pole, kuna rajades jõele HEJ mõjutatakse sellega peamiselt veekeskkonda, kuid häiritakse ka kogu looduslikku mitmekesisust. Jaama rajamisega kaasnevad mõjud ulatuvad kaugele tulevikku ning kahjustavad nii tervet elusloodust [46].

Narva jõe hüdroenergeetiline varu üksi on ligikaudu sama suur kui kõigi teiste Eesti jõgede hüdroenergeetiline varu kokku [9]. Koos Narva jõega oleks Eesti hüdroelektri potentsiaal 30-60 MW [46]. Paraku on suur osa Narva jõe potentsiaalist ära Venemaale kuuluva Narva hüdroelektrijaama poolt. Kuigi rahvusvahelise tava kohaselt peaks piirijõgedel töötavate HEJ toodang riikide vahel jagatama vastavalt valgala pindalale, mis asub riigi territooriumil, pole see Narva HEJ puhul nii [9].

Võimalus Eestis hüdroenergia osakaalu suurendamiseks on luua pumphüdroakumulatsioonijaamu [44]. Energiasalv OÜ-l on plaan luua selline hüdroelektrijaam Paldiskisse. Planeeritav jaam luuakse maa alla ning kasutatakse mere ning maa-aluse kaevanduse kõrguste vahet. Võrreldes jõgedele rajatavate hüdroelektrijaamaga ei kaasne nimetatud projektiga keskkonna kahjusid, mis on tingitud suurte alade üleujutamisest. Paldiskisse planeeritava elektrijaama võimsuseks saab olema kuni 500 MW. Pumphüdroakumulatsioonijaam tagaks riigile lisa energiaallika ning tänu sellele lihtsustub Euroopa Liidu poolt sätestatud taastuvenergia eesmärkide täitmine [47, 48].

6 Taastuenergia tulevik

Seatud eesmärkide saavutamisel on oluline koostöö, mistõttu on loodud 2009. aastal taastuenergia direktiiv, mis sätestab taastuenergia kasutamise ning edendamise poliitika Euroopa Liidus. Selle kohaselt peaks 2020. aastaks taastuenergia katma 20% kogu energiavajadusest, kuid see kuidas see eesmärk saavutatakse on sätestatud iga riigi tasemel erimevalt. Direktiivi kohaselt peab kõigis Euroopa Liidu riikides 2020. aastaks vähemalt 10% transpordiks kasutatavatest kütustest tulema taastuvatest allikatest [49].

Nimetatud direktiivi valguses koostas Eesti riiklikud eesmärgid, kuidas saavutada 2020. aastaks vajaminevad eesmärgid. Selle kohaselt ei tohi ükski energiaallikas moodustada üle 50% energiabilansist [50]. Taastuenergia osakaal energia lõpptarbimisest peaks 2020. aastaks jõudma jõudma 25%-ni, kuid see eesmärk saavutati juba 2010. aastal [5, 50]. 2007. aastal moodustas transpordikütustest vaid 0,06% taastuvatest allikatest, kuid eesmärgiks seati saada see number 10%-ni. Lisaks peaks 2020. aastaks vähenema CO₂ heide vähemalt 2 korda võrreldes 2007. aastaga [50].

2009. aastal koostatud direktiivis tehti 2018. aastal korrekture ning seati uued eesmärgid kuni aastani 2030 [49]. Samal ajal kui Euroopa Liidus on eesmärgiks saavutada taastuenergia osakaal 32%-ni, siis Eesti eesmärk on 50%. 2030. aastal peaks taastuvatest allikatest toodetava elektri osakaal olema 50% ning soojuste osakaal 80% lõpptarbimisest. Taastuvad energiaallikad peaksid transpordikütustest moodustama 14% 2030. aastaks [4].

Euroopa Liit on seadnud eesmärgiks vähendada kasvuhoonegaaside heitkogust 2030. aastaks 40% võrreldes 1990. aastaga. Seatud eesmärk peaks aitama jõudma tasemeni, kus 2050. aastaks on vähenenud heitkogused 80-95%. Lisaks soovitakse suurendada 27% võrra energiatõhusust. Selleks peaks vähenema Euroopa Liidu liikmesriikides energia tarbimine 1,5% aastas. Iga aasta peaks liikmesriigid renoveerima vähemalt 3% enda kasutuses ja omandis olevatest hoonetest. Energiatõhusust aitab ka saavutada energiamärgistus erinevatel elektroonika seadmetel ning hoonete müümisel või rentimisel kohustus omada

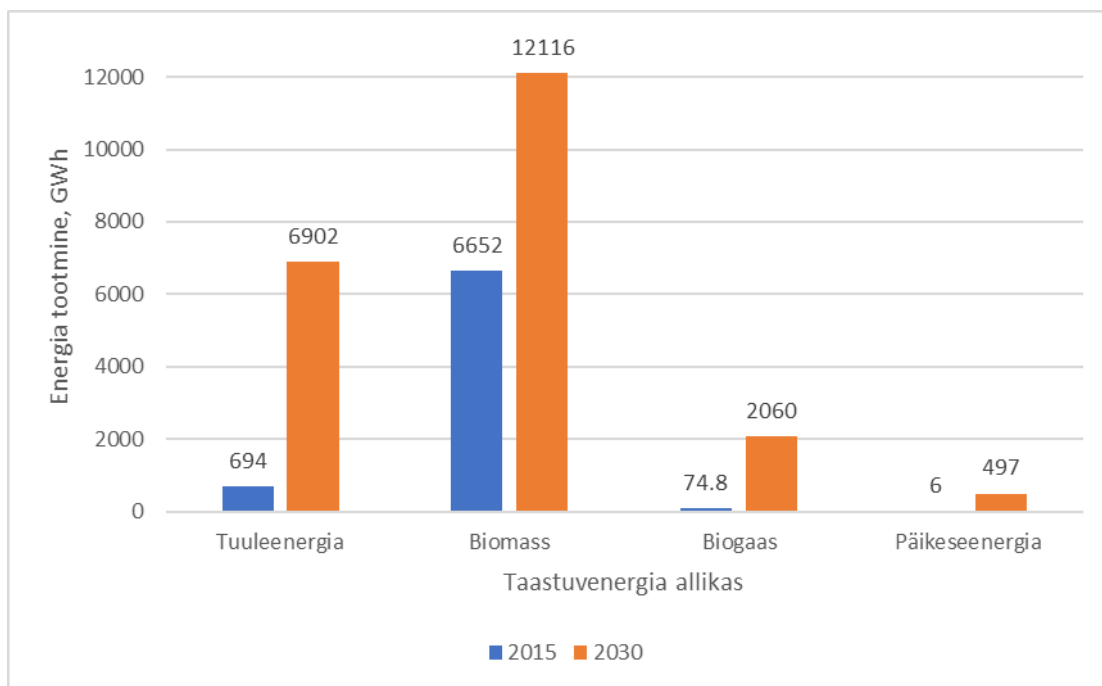
energiatõhususe sertifikaati. Suurettevõtete energiatõhususe kontrollimiseks peavad nad iga nelja aasta järel teostama energiaauditi [51].

Pikaajaliste eesmärkide tarbeks on Euroopa Liit koostanud dokumendid "Konkurentsivõimeline vähese CO₂-heitega majandus aastaks 2050". Koostatud dokumendi eesmärgiks on vähendada heitkoguseid ning luua majandus, mille süsinikuheide oleks võimalikult madal. Selleks peavad aga koostööd tegema erinevad majandussektorid. Taastuvenergia allikate või vähese süsinikuheitega allikate kasutusele võtuga suudaks energiasektor tõenäoliselt kõige rohkem vähendada heitkoguseid. Diisel- ning bensiinimootoril töötavate autode asendamise hübriid- ning elektriautodega ja biokütuste osakaalu suurendamisega loodetakse transpordisektoris vähendada heitkoguseid 60% võrreldes 1990. aastaga. Hoonete puhul aitab heitkoguseid vähendada nende energiatõhusamaks renoveerimine ning fossiilkütuste vähendamine kütmisel ning toiduvalmistamisel. Tööstusharud, mis kasutavad palju energiat peavad oma heitkoguseid vähendama üle 80%. Juhul kui selline eesmärk pole võimalik peavad ettevõtted 2035. aastaks kasutusele võtma tehnoloogiad, mis koguvad ning talletavad süsinikku. Pidev rahvastiku juurdekasv on viinud selleni, et kasvab ka toidunõudlus. See omakorda oma põhjustanud heitkoguste suurenemise põllumajandussektoris. Üks lahendus oleks põllumajanduses tekkinud heitkoguse sidumine muldadesse ja metsadesse, kuid ka liha tarbimise vähendamine aitaks vähendada heitkoguseid põllumajanduses. Lähtudes Euroopa Liidu seatud eesmärkidest aastaks 2050, plaanib Eesti vähendada kasvuhoonegaaside heitkogust ligi 80% võrreldes 1990. aastaga. Eesmärgi täitmine aitab kaasa energiajulgeolekule ning omab positiivset mõju ka majandusele. Lisaks väheneks CO₂ ekvivalent praeguselt 21 miljonilt tonnilt 8 miljoni tonnini 2050. aastaks. Selline muutus on oluline keskkonna kaitsmisel ning kliimamuutuste mõju leevendamisel. [51, 52].

Lisaks eesmärkidele Euroopa Liidu või riiklikul tasemel on ka mõned linnad ning omavalitsused seadnud endale regionaalsed eesmärgid. Heaks näiteks on Tartu linn, mis osaleb rahvusvahelises projektis SmartEnCity. [4] Nimetatud projekti eesmärk on luua säästev linnakeskkond, mille ökoloogiline jalajälg on viidud miinimumi. Selline kontseptsioon peaks aitama ka linnaelanikel teha otsuseid, mis on kasulikud nii neile endile kui ka keskkonnale. Säästva linnakeskkonna lahendust saab hiljem kasutada ka mujal Euroopas. [52]

Euroopa Liidus populaarse linnapeade paktile on alla kirjutanud 9664 linnapead. [53] Paktiga on liitunud ka Tallinn, Rakvere, Tartu, Jõgeva ning Rõuge alevik. [4] Nimetatud pakti eesmärk on kohalikul tasandil vähendada kasvuhuonegaaside heidet 40% 2030. aastaks ning sellega kaasa aidata Euroopa Liidu poolt sätestatud eesmärgi täitmisele. [54, 4]

Eesti Taastuvenergia Koda on koostanud ka kava, mis näeb taastuvenergiele üleminekut 100% ulatuses. Selline üleminek on parim viis keskkonna kaitsmiseks ning kava kohaselt on see ka tehnoloogiliselt võimalik. [4] Kava näeb ette, et suurima koguse energiat toodetakse tuuleenergiast ning biomassist. (Joonis 6.1). Nii nagu 2015. aastal näeb kava ette ka 2030. aastaks, et suurim energiaallikas on biomass ning väikseim päikeseenergia. Kuigi päikeseenergia on ka aastal 2030 väikseima koguse energia tootja, siis võrreldes 2015. aasta 6 GWh toodanguga loodetakse märgatavat energia tootmise kasvu. Juhul kui minna üle 100% ulatuses taastuvenergiele tekiks 15 tonni vähem CO₂ heitmeid ning väheneks ka 603 miljoni euro väärtuses energia import. [55]



Joonis 6.1 Energia tootmine erinevate taastuvenergia allikate lõikes 2030. aastaks võrreldes 2015. aastaga. [56]

KOKKUVÕTE

Taastuvatest energiaallikatest kasutatakse Eestis tuult, biomassi, päikest, jäätmeid ning vett et toota energiat. Pidev areng on viinud selleni, et 2017. aastal moodustas taastuvenergia 29,2% energia lõpptarbimisest ehk 11 aasta jooksul on taastuvenergia osatähtsus suurenenud 13,1%. Vaadeldes kuude lõikes elektri tootmist taastuvatest allikatest on näha, et taastuvenergia osakaal on suurim kevadel ning suvel.

Tuuleenergia areng on olnud väga kiire. Alates 2002. aastast kui Eestis rajati esimene tuulepark on kerkinud 30 tuuleparki, milles kokku on 140 tuulikut koguvõimsusega 314 MW. Eestis asub Baltimaade üks võimsamaid tuuleparke, milles on 16 tuulegeneraatorit koguvõimsusega 48 MW. Suurim tuuleenergia juurdekasv oli 2012. aastal, kui lisandus võrku 39 uut tuulikut. Peale seda on tuulikute juurdeehitus aeglustunud. 2015. aastal moodustas tuuleenergia 6,8% kogu avalikkusele toodetavast elektrist. See on ka suurim näitaja, mis andmete kohaselt siiani on saavutatud. Tuuleenergia suurt kasvu võimaldaksid meretuulepargid, kuna need võimaldaksid suuremaid ning püsivamaid tuule kiiruseid saavutada. Hetkel on kavandamisel kaks meretuuleparki, Loode-Eesti ning Liivi lahe, mille koguvõimuseks planeeritakse 1300 MW.

Lisaks suurtele tuulikutele on Eestis võimalus paigaldada ka väiketuuliku, mille maksimaalne kõrgus on 30 meetrit. Selline lahendus võimaldab kodumajapidamistel või ettevõtetel olla energeetiliselt sõltumatum. Elektrituulikute puhul on üheks murekohaks nende poolt tekitatud müra, kuid väiketuulikute puhul sarnaneb see külmkapile. Paraku peab tuulikut püstitades silmas pidama, et kuna tegemist on tavapärasest madalama tuulikuga, siis segavad selle tööd lähedal asetsevad objektid.

Päikeseenergia kasutamine on viimaste aastatega kõvasti tõusnud, iga aastaga on tekkinud ühe rohkem päikeseelektrijaamu, ning samuti on ka eramud rakendanud päikeseenergiat, nii päikesekollektorite kui ka paneelidega. 2018 aasta oli siimaani päikeseelektrijaamade poolest kõige võimsam, kui tootmisvõimsus kasvas eelneva aastaga võrreldes umbes 6

kordselt ~110 MW-ni. 2019 aasta lõpuks peaksid võimsused veelgi suuremad olema ja loodetavasti ka trend jätkub ka järgnevatel aastatel.

Biokütused on sarnaselt päikeseelektrienergiaga alles viimasel ajal tõusma hakanud, päikeseenergiale sarnaselt on biokütustega võimalik toota nii sooja kui ka elektrienergiat. Kõige suurem tõus selles valdkonnas toimus sel hetkel kui saadi Iru Elektrijaamas valmis moodne jäätmepõletusjaam, mis suudab umbes 80% Eesti elanike aastasest olmejäätmete koguseset ära põletada ja toota suures mahus elektrit ning soojust.

Hüdroenergia kasutamine elektri tootmiseks on tõenäoliselt üks vanemaid meetoteid. Vaatamata oma vanusele ei ole see nii keskkonnasäästlik kui teised taastuvenergia allikad. Seda seetõttu, et jõgedele rajatavad hüdroelektriijaamad rikuvad ümberkaudse elukeskkonna tasakaalu. Hüdroenergia paigaldatud võimsused on viimased aastad püsinud stabiilselt paigal ning ka tulevikus ei suurene tõenäoliselt hüdroenergia osakaal jõgedele rajatavate hüdroelektriijaamade arvelt. Seda seetõttu, et jõgede võimsused on juba ammendunud ning suurima võimsusega Narva jõge ei ole võimalik kasutada Eestis elektrienergia tootmiseks. Suurim elektrienergia toodang hüdroenergiast 2019. aastal aprillis, kui hüdroenergia moodustas 2,62% kogu toodetud elektrienergiast. Hüdroenergia osakaalu suurenemist võimaldaks pumphüdroakumulatsioonijaam, mis häiriks vähem ka ümbritsevat elukeskkonda. Selline jaam on kavas Paldiskisse ning jaama võimsus on kuni 500 MW.

Taastuvenergia tulevikku suunavad erinevad kokkulepped Euroopa Liidu, riiklikul ning ka kohalikul tasandil. Euroopa Liit on koostanud taastuvenergia direktiivi, mille kohaselt aastaks 2030 peab taastuvenergia moodustama 32% energiavajadusest ning transpordi sektoris kasutatavatest kütustest 14% peab tulema taastuvatest allikatest. Eesti on aga võtnud endale sihiks saavutada 2030. aastaks taastuvenergia osakaal 50%-ni. Kohalikul tasandil on esirinnas Tartu linn, mis osaleb rahvusvahelises projektis SmartEnCity, et luua linnakeskkond, mille ökoloogiline jalajälg on võimalikult väike ning mille elanikud oleksid keskkonnateadlikumad. Lisaks on Tartu koos Tallinna, Rakvere, Jõgeva ning Rõuge alevikuga ühinenud linnapeade paktiga, mille raames püüab kohalik omavalitsus vähendada oma kasvuhoonegaaside heidet 40% 2030. aastaks.

Energeetiline iseseisvus on oluline eesmärk ning seetõttu on Taastuvenergia Koda koostanud ka kava, mille kohaselt moodustab taastuvenergia 100% Eesti energiavajadusest. Kava kohaselt peaks enim suurenema tuule- ning päikeseenergia hulk. Selle plaani kohaselt peaks tekkima 15 tonni vähem CO₂ heitmeid kui praeguses olukorras.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Eesti põlevkivitööstuse aastaraamat 2018. (2019). Eesti: Eesti Energia, Viru Keemia Grupp, Kiviõli Keemiatööstus, TalTech Virumaa kolledži Põlevkivi Kompetentsikeskus.
<https://www.vkg.ee/cms-data/upload/sise-uudised/polevkivi-aastaraamat-2019-06-09a.pdf>
(19.07.2019)
2. Põlevkivi kaevandamise ja kasutamise kumulatiivne mõju loodus- ja elukeskkonnale ning selle indikaatorid. (2014). Eesti: WEC Eesti Tarmo All.
https://energiatalgud.ee/img_auth.php/8/84/WEC_Eesti_P%C3%B5levkivitoostuse_kumulatiivne_m%C3%B5ju.pdf (19.07.2019)
3. Elektriturseadus. (vastu võetud 11.02.2003, viimati jõustunud 27.04.2019). - Riigi Teataja
<https://www.riigiteataja.ee/akt/830279?leiaKehtiv> (21.07.2019)
4. Taastuvenergia aastaraamat 2018. (2019). Eesti: Eesti Taastuvenergia Koda.
<http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2019/06/ETEK-Taastuvenergia-aastaraamat-2018.pdf> (21.07.2019)
5. KE36: Energia efektiivsuse suhtarvud, Statistikaamet http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KE36&ti=ENERGIA+EFEKTIIVSUSE+SUHTARVUD&path=../Database/Majandus/02Energeetika/04Energia_tehususe_naitajad/&lang=2
(22.07.2019)
6. KE21: ELEKTRIENERGIA TOOTMINE, IMPORT, EKSPORT JA MÜÜK (KUUD), Statistikaamet http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KE21&ti=ELEKTRIENERGIA+TOOTMINE%2C+IMPORT%2C+EKSPORT+JA+M%DC%DCK+%28KUUD%29&path=../Database/Majandus/02Energeetika/02Energia_tarbimine_ja_tootmine/02Luhiajastatistika/&lang=2
(21.07.2019)
7. Elering, Toodang ja prognoos <https://elering.ee/toodang-ja-prognoos> (21.07.2019)
8. Taastuvenergia 100% - üleminek puhtale energiale, Tuuleenergia Assotsiatsioon
http://www.tuuleenergia.ee/wp-content/uploads/TE100_Infovihik.pdf (21.07.2019)
9. Taastuvenergia tootmisvõimalused Eestis, Elering, <https://elering.ee/elektrituru-kasiraamat/5-taastuvenergeetika/54-taastuvenergia-toomisvoimalused-eestis-olemasolev>
(21.07.2019)
10. “Hiiumaa ingl” tiivad jäid seisma, Saarlane
<https://saarlane.ee/uudised/uudis.asp?newsid=21232&kat=5> (21.07.2019)

11. Enefit Green, Energia tootmine [veebileht] <https://www.enefitgreen.ee/et/energia-tootmine> (21.07.2019)
12. Tuuleenergia Assotsiatsioon, Olemasolev tuuleenergia Eestis [veebileht] <http://www.tuuleenergia.ee/about/statistika/olemasolev/> (21.07.2019)
13. Tuuleenergia Assotsiatsioon, Võrguga liitumislepinguid omavad tuuleparkide arendusprojektid [veebileht] <http://www.tuuleenergia.ee/about/statistika/arendamisel/> (21.07.2019)
14. Eleon, Aidu tuulepark [veebileht] <http://www.eleon.ee/et/projektid/aidu-tuulepark/> (21.07.2019)
15. Voog, V, (28. juuni 2019) Aidu tuulepargis kohtuvõidu saanud Sõnajalad: edasikaebamine oleks maksumaksja raha raiskamine [e-ajakiri] <https://www.ohtuleht.ee/968711/aidu-tuulepargis-kohtuvõidu-saanud-sonajalad-edasikaebamine-oleks-maksumaksja-raha-raiskamine> (22.07.2019)
16. Iberdrola, Do you know how offshore wind farms work? [veebileht] <https://www.iberdrola.com/environment/how-does-offshore-wind-energy-work> (21.07.2019)
17. Energiatalgud, Tuulikud ja tuulepargid Eestis [veebileht] https://energiatalgud.ee/img_auth.php/b/bd/Vaab%2C_T._jt_Tuulikud_ja_tuulepargid_Eestis.pdf (21.07.2019)
18. Hiiumaa offshore tuulepark, 4Energia, [veebileht] <https://www.4energia.ee/projektid/hiiumaa-offshore-tuulepark> (21.07.2019)
19. KE032: Elektri jaamade võimsus <http://andmebaas.stat.ee/?lang=et#> (21.07.2019)
20. Teder, T (10. aprill 2015) Virumaal põles maha kolm miljonit eurot maksnud tuulegeneraator [e-ajakiri] <https://www.ohtuleht.ee/672585/video-virumaal-poles-maha-kolm-miljonit-eurot-maksnud-tuulegeneraator> (21.07.2019)
21. KE033: Elektri jaamade toodang ja energia tootmiseks tarbitud kütus <http://andmebaas.stat.ee/index.aspx#> (21.07.2019)
22. Energiaekspert, Väikesed elektrituulikud, [veebileht] <http://www.energiaekspert.ee/et/vaikesed-elektrituulikud> (21.07.2019)
23. Tuuleenergia, Mis on väiketuulik [veebileht] <http://www.tuuleenergia.ee/vaiketuulikud/mis-on-vaiketuulik/> (21.07.2019)
24. Energiaallikas tuuleenergia õpiobjekt, Velling, S., Vaasma, T., Väikelahendused (2012) <https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/27902/vikelahendused.html> (21.07.2019)
25. Tuuleenergia, Asukoha valik [veebileht] <http://www.tuuleenergia.ee/vaiketuulikud/asukoha-valik/> (21.07.2019)
26. Tuuleenergia, Võrguga ühendamine [veebileht] <http://www.tuuleenergia.ee/vaiketuulikud/vorguga-uhendamine/> (21.07.2019)

27. Tuuleenergia, Planeerimine ja load [veebileht]
<http://www.tuuleenergia.ee/vaiketuulikud/planeerimine-load/> (21.07.2019)
28. Tuuleenergia, Tuulepargid häirivad kaitsevää õhuseireradari pilti [veebileht]
<http://www.tuuleenergia.ee/2016/03/tuulepargid-hairivad-kaitsevae-ohuseireradari-pilti/>
 (21.07.2019)
29. Energiatalgud, Tuulikud ja tuulepargid Eestis [veebileht]
https://energiatalgud.ee/img_auth.php/b/bd/Vaab%2C%20T.%20jt%20Tuulikud%20ja%20tuulepargid%20Eestis.pdf (21.07.2019)
30. Energiatalgud, Päikesekollektor [veebileht]
<https://energiatalgud.ee/index.php?title=P%C3%A4ikesekollektor> (21.07.2019)
31. Energiatalgud, Päikesepaneel [veebileht]
<https://energiatalgud.ee/index.php/P%C3%A4ikesepaneel> (21.07.2019)
32. **Ojaperv, A.**, Novaatorlikud päikesejaamad vallutavad Lääne-Viru põllud (25. oktoober 2018) [e-ajakiri] https://virumaateataja.postimees.ee/6437301/novaatorlikud-paikesejaamad-vallutavad-laane-viru-pollud?fbclid=IwAR3o9FwJioTf4MwyE_Eyhn9SdxNfuqkqmJOicsPltGI0vqtpuIzyT4gLd_o (21.07.2019)
33. Erakogu (3.06.2019)
34. **Vilgats, E.**, (19. juuli 2019) Pärnus alustas tööd Eesti suurim päikesejaam [e-ajakiri]
<https://www.err.ee/963250/parnus-alustas-tood-eesti-suurim-paikesejaam> (23.07.2019)
35. (12. veebruar 2019) Raadil valmib aasta pärast Eesti suurim päikesepark [e-ajakiri]
<https://tartu.postimees.ee/6521326/raadil-valmib-aasta-parast-eesti-suurim-paikeseпарк>
 (22.07.2019)
36. Tartu Regiooni Energiaagentuur, Mida pidada silmas koduse päikeseelektrijaama paigaldamisel? [veebileht] <http://www.trea.ee/blog/mida-pidada-silmas-koduse-paikeseelektrijaama-paigaldamisel/> (22.07.2019)
37. Enefit Green, Energia tootmine [veebileht] <https://www.enefitgreen.ee/et/energia-tootmine> (22.07.2019)
38. Eesti Energia, Elekter ja soojus jäätmetest [veebileht]
https://www.energia.ee/documents/10187/15087/elekter_ja_soojus_jaatmetest_a4_est.pdf
 (22.07.2019)
39. **Pajuste, I.**, Indrek Pajuste Photography, Iru elektrijaam [veebileht]
<https://pilvepiksel.ee/index.php?/albums/aerofotograafia-1/content/iru-elektrijaam/>
 (22.07.2019)
40. Google Maps, Kaart Eesti biogaasi jaamadest [veebileht]
https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1fhivxaRF0Ja_bnawQr4wE9Y5fk&ll=59.47098960000002%2C25.071494799999982&z=8 (22.07.2019)

41. Eesti Biogaas, Tootmine ja kasutamine[veebileht] <http://eestibiogaas.ee/tootmine-ja-kasutamine/> (22.07.2019)
42. Tallinn, Tallinna Linnatransport hangib sada uut gaasibussi [veebileht] https://www.tallinn.ee/est/pilet/Uudis-Tallinna-Linnatransport-hangib-sada-uut-gaasibussi?filter_otsing_uudis_rubriik_id=160 (22.07.2019)
43. Taastuvenergeetika, Taastuvenergeetika aastaraamat <http://www.taastuvenergeetika.ee/wp-content/uploads/2016/12/Taastuvenergia-aastaraamat-2013.pdf> (22.07.2019)
44. Energiatalgud, Hüdroenergia ressurss [veebileht] https://energiatalgud.ee/index.php/H%C3%BCdroenergia_ressurss?menu-49 (22.07.2019)
45. Bioneer, Saame tutvavaks taastuvate energiaallikatega [veebileht] <https://bioneer.ee/saame-tuttavaks-taastuvate-energiaallikatega> (22.07.2019)
46. Energiatalgud, ENMAK2030 [veebileht] https://energiatalgud.ee/img_auth.php/0/06/EnMAK2030_EF-MKM.pdf (22.07.2019)
47. Riives, A., (23. august 2018) Paldiski saab teistsorti elektriijaama [e-ajakiri] <https://majandus24.postimees.ee/6139227/paldiski-saab-teistsorti-elektriijaama> (22.07.2019)
48. Energiasalv, Hüdroakumulatsioonijaam [veebileht] <http://energiasalv.ee/hydroakumulatsioonijaam> (22.07.2019)
49. European Commission, Renewable energy directive [veebileht] <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive> (22.07.2019)
50. Energiamaajanduse arengukava aastani 2020, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium https://www.mkm.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/energiamaajanduse_arengukava_2020.pdf (22.07.2019)
51. Envir, 2030 eesmärgid [veebileht] https://www.envir.ee/et/EL-eesmargid#2030_eesmargid (16.08.2019)
52. Envir, Kliimapoliitika põhialused aastani 2050 [veebileht] <https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/kliima/kliimapoliitika-pohialused-aastani-2050-0> (16.08.2019)
53. Tark Tartu, Ülevaade[veebileht] <http://tarktartu.ee/avaleht/ulevaade/> (22.07.2019)
54. Linnapeade pakt, Kliima ja Energia alal [veebileht] <https://www.linnapeadepakt.eu/et/> (22.07.2019)
55. Linnapeade pakt, Eesmärk ja ulatus [veebileht] <https://www.linnapeadepakt.eu/tutvustus/pakti-algatus/eesm%C3%A4rk-ja-ulatus.html> (22.07.2019)
56. Taastuvenergeetika, Taastuvenergeetika 100 [veebileht] <http://www.taastuvenergeetika.ee/taastuvenergia-100/> (22.07.2019)

LISAD

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, _____,
(*autori nimi*)

sünniaeg _____,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

_____,
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on _____,
(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(*allkiri*)

Tartu, _____
(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)